

PAT-NO: JP404093997A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 04093997 A

TITLE: ELECTRONIC MUSICAL INSTRUMENT

PUBN-DATE: March 26, 1992

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

OKAMOTO, TETSUO

AOKI, EIICHIRO

USA, SATOSHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

YAMAHA CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP02208890

APPL-DATE: August 7, 1990

INT-CL (IPC): G10H001/053, G10H001/00, G10H005/00

US-CL-CURRENT: 84/626

ABSTRACT:

PURPOSE: To enable performance (spiccato, staccato, and tounging) with a bouncing sound by combining a performance operation element which deforms elastically and a performance operating means and making them contact and leave each other intermittently.

CONSTITUTION: When a stick 1 is moved in contact with a performance operating surface 3, its moving speed is sent to a speed detecting circuit 12. When the circuit 1 as the performance operation element is struck on the

operating surface 3 by, for example, bouncing, a strain gauge in the stick 1 detects elastic deformation and supplies detected pressure to a pressure detecting circuit 11. When a key 7 of a keyboard 9 is pressed, the position of the key (i.e. pitch) is detected by a key switch circuit 13. Then the detection signals of the circuits 11 - 13 are sent through a bus 21. Then the output signal of a musical sound signal generating circuit 14 is sent to a sound system 19 to generate a musical sound. Further, a CPU 17 receives a timing signal from a timer 18 and performs a timer interrupt process. Thus, the bouncing musical sound can be generated as well as a continuous sound.

COPYRIGHT: (C)1992,JPO&Japio

⑫ 公開特許公報(A) 平4-93997

⑤ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)3月26日

G 10 H 1/053
1/00
5/00C 7829-5H
Z 7350-5H
7829-5H

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全17頁)

⑭ 発明の名称 電子楽器

⑯ 特 願 平2-208890

⑰ 出 願 平2(1990)8月7日

⑱ 発 明 者 岡 本 徹 夫 静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内
 ⑲ 発 明 者 青 木 栄 一 郎 静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内
 ⑳ 発 明 者 宇 佐 聡 史 静岡県浜松市中沢町10番1号 ヤマハ株式会社内
 ㉑ 出 願 人 ヤマハ株式会社 静岡県浜松市中沢町10番1号
 ㉒ 代 理 人 弁理士 高橋 敬四郎

8月 永田 有

1. 発明の名称

電子楽器

2. 特許請求の範囲

(1). 揺動動作または、外力が働くことによって弾性変形する演奏操作子と、

前記演奏操作子と組合せ、前記演奏操作子を接触、離間させて演奏操作を行なうことのできる被演奏操作手段と、

前記演奏操作子と前記被演奏操作手段の少なくともいずれかに設けられ、前記演奏操作子が前記演奏操作手段に接触する際の前記演奏操作子の変形量を検出するセンサと、

前記演奏操作子と前記被演奏操作手段の少なくともいずれかに設けられ、前記演奏操作子と前記演奏操作手段の前記演奏手段上における接触位置を検出するセンサと、

前記接触位置検出センサの検出信号から、前記演奏操作子の前記演奏操作手段上における運

度を算出する手段と

前記変形量検出センサからの信号と、前記速度算出手段からの信号に基づいて楽音信号を形成する楽音信号形成回路と

を有する電子楽器。

(2). 請求項1記載の電子楽器であって、さらに音高を指定することのできる複数の鍵からなる鍵盤を有する電子楽器。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は、電子楽器に関し、特にスピーカート、スタッカート、タンギング等の弾むような音の演奏を可能とする電子楽器に関する。

〔従来の技術〕

従来、電子的に楽音を発生させる電子楽器において、演奏を行なうための演奏操作子としては鍵盤が多用されている。

鍵盤は、本来ピアノやオルガン等の鍵盤楽器の

演奏操作子であり、電子楽器においてもこれら鍵盤楽器の楽音を発生させる場合には適切な演奏操作子である。

電子楽器は、鍵盤楽器の音色の他、管楽器や弦楽器等の種類の楽器の音色を発生させることもできる。ところが、これら鍵盤楽器以外の楽音を発生させる場合、鍵盤を演奏操作子として用いると発音の仕方の変化や音の接続態様の変化等を付与することが難しい。このため、発生される楽音の音色は、電子楽器特有の単調なものになりやすい。

電子楽器としては、鍵盤を用いたものの他、ギターシンセサイザやウィンドコントローラ等がある。ギターシンセサイザはギター型楽器の楽音発生に適している。ウィンドコントローラは管楽器の楽音発生に適している。これらは特定の形態の楽器の楽音発生に適しているが、その他の形態の楽器の楽音発生には不都合な点も多い。

本出願人は、スライドポリウム等による発音制御を提案している。スライドポリウムにより持続

音のコントロール、人間らしいゆらぎのコントロール等を行なうことができる。しかし、スライドポリウムでは操作子の演奏位置は一次元的にかつ連続的にしか変化できない。このため、任意の断続的な演奏が容易に行なえない。また、弾むような演奏、立上がりの鋭い演奏が難しい。

〔発明が解決しようとする課題〕

電子楽器用の従来の演奏操作子はいずれも構造上等の制限があり、演奏の自由度が低く、表現力の向上に制限があった。特に持続する音と共に弾んだような楽音を発生させることに制限があった。

本発明の目的は、持続音の発生と共に弾んだ楽音の発生に適した電子楽器を提供することである。

本発明の他の目的は、持続音の発生と共に弾んだ楽音の発生に適した電子楽器用演奏操作子を提供することである。

〔課題を解決するための手段〕

本発明の電子楽器は、揺振動作または、外力が

働くことによって弾性変形する演奏操作子と、演奏操作子と組合せ、演奏操作子を接触、離間させて演奏操作を行なうことのできる被演奏操作手段と、演奏操作子と被演奏操作手段の少なくともいずれかに設けられ、演奏操作子が演奏操作手段に接触する際の演奏操作子の変形量を検出するセンサと、演奏操作子と被演奏操作手段の少なくともいずれかに設けられ、演奏操作子と演奏操作手段の演奏手段上における接触位置を検出するセンサと、接触位置検出センサの検出信号から、演奏操作子の演奏操作手段上における速度を算出する手段と変形量検出センサからの信号と、速度算出手段からの信号に基づいて楽音信号を形成する楽音信号形成回路とを有する。

〔作用〕

弾性変形する演奏操作子と、被演奏操作手段とを組合せて断続的に接触・離間させることにより、演奏者の感覚に合った弾むような音の演奏（スピカート、スタッカート、タンギング）を行なうこ

とができる。また、演奏操作子を被演奏操作手段に連続的に接触させることにより、持続音を発生させることができる。

弾性変形する部材に弾性変型を検出する歪検出器を設けることにより、演奏操作により部材が弾性変形すると、その弾性変形が検出され、弾んだような楽音パラメータを形成することができる。

また、部材の変位速度を検出することにより、持続音の発音パラメータを形成することができる。

〔実施例〕

以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。

第1図は本発明の実施例による電子楽器のハードウェアシステムを示すブロック図である。

電子楽器は、演奏操作部と、楽音信号処理形成部と、サウンドシステム部とを含む。演奏操作部は、歪ゲージを備えたスティック1と、スティック1で演奏操作する時の組合せ部材であるタブレット5と、キーボード9を含む。タブレット5上

には、スティック1を演奏操作すべき面積を画定する被演奏操作面3が設定されている。スティック1を被演奏操作面3に接触させると、その位置が検出され、スティック1を被演奏操作面3上で移動させるとその移動速度が速度検出回路12に送られる。また、演奏操作子であるスティック1を被演奏操作面3に、たとえば弾ませるように叩き付けると、スティック1内に設けられた歪ゲージがスティック1の対応する弾性変形を検出し、その検出した圧力を圧力検出回路11に供給する。

鍵盤9は複数の鍵7を有し、鍵7を押圧すると、その押圧された鍵の位置（すなわち音高）がキースイッチ回路13によって検出される。

圧力検出回路11、速度検出回路12、キースイッチ回路13は、それぞれ検出した信号をバス21に送出する。バス21には、楽音信号処理プログラムを内蔵する読み出し専用メモリ（ROM）15、随時読み出し書き込みメモリ（RAM）16、中央演算処理装置（CPU）17、クロック信号を発生するタイマー18、楽音信号形成回路

である物理音源14が接続されている。楽音信号形成回路である物理音源14の出力信号は、サウンドシステム19に送られ、楽音が発生される。また、CPU17はタイマー18からのタイミング信号を割込み信号線22を介して受取り、タイマーインタラプト処理を行なう。

第2図（A）～（C）は、第1図に示した歪ゲージを備えた演奏操作子であるスティック1をより詳細に示す。

第2図（A）は、スティック1の1構成例の概略を示す断面図である。スティック1の先端には、コイル24が埋め込まれており、コイル用電流源26から電流が供給される。このため、スティック1の先端部分周辺には磁場が発生し、この磁場を検出することによって、スティック1先端の位置を検出することができる。また、スティック1の中央部には歪ゲージ25が接着されている。歪ゲージ25はスティック1の壁面が弾性変形すると、それに伴って弾性変形を起こし、その変形を抵抗変化等によって検出することができる。

第2図（B）は、歪ゲージ25の歪検出回路を概略的に示す回路図である。歪ゲージ25と3つの抵抗 R_1 、 R_2 、 R_3 が、ブリッジ回路を構成する。電源Eからブリッジ回路の2辺に電流が供給され、出力電圧が各辺の電圧分割点に接続された出力電圧端子Eoutに形成される。電流は抵抗 R_2 、 R_3 の辺と、抵抗 R_1 と歪ゲージ25の辺を流れ、両辺の電圧分割点の電位差が出力電圧を形成する。

第2図（C）は、スティック1の演奏操作の態様を示す該略図である。スティック1は図示のように細長い形状を有する。たとえば直径約8mm程度で、長さ約30mm程度の棒状の部材である。この細長い棒状のスティック1を斜め方向に叩くと、第2図（C）左側に示すように、スティック1は軸と垂直方向に弾性変形する。また、スティック1を第2図（C）右側に示すように軸方向に叩き付けると、比較的剛性が高いため、弾性変形は少ない。このように、スティック1を被演奏操作面に対してどのように係合させるかにより、スティ

ック1に生じる弾性変形が変化し、その信号を検出することができる。スティック1の弾性変形を高感度に検出するためには、歪ゲージ25はスティック1の軸上ではなく、その表面近傍に取付けるのが好ましい。また、スティック1の対向する2つの位置に歪ゲージを対で取付けることもできる。また、歪ゲージ内に複数の検出素子を含むものを用いてもよい。

タブレット5の被演奏操作面3の下には、たとえば格子網状に検出線が配置され、第2図（A）に示すコイル24が発生する磁場を検出することができる。このようにして、スティック1を被演奏操作面3上およびその近傍で演奏操作することにより、スティック1内の歪ゲージから圧力信号を得て、タブレット5の磁場検出回路からスティック1先端の位置を検出することができる。スティック1の先端の位置の変化を検出することにより、スティック1先端の面内変位速度が検出される。このようにして、圧力信号と速度信号が供給される。また、鍵盤9からは押鍵位置の信号が検

出され、キースイッチ回路13により、音高信号が形成される。これらの圧力信号、速度信号、音高信号は、バス21を介してVOP(物理)音源14に供給される。このVOP音源14の楽音信号形成回路を第3図に示す。

第3図は撥弦楽器用の回路に適したVOP音源14の要部を等価回路的に示すブロック図である。弓で撥弦楽器の弦を撥ることに対応して、速度信号が発生され、加算回路52に入力される。管楽器の場合は、唇の構えを表わすアンプシユアが速度信号に対応する。この速度信号は、起動信号であり、加算回路53、除算回路54を介して非線形回路55に供給される。非線形回路55はバイオリンの弦の非線形特性等を表す非線形特性の回路である。

非線形回路55の非線形特性は、第4図(A)の特性63に示すように、原点からある範囲までのほぼ線形な領域とそれよりも外側の特性の変化した領域との2つの部分を含む。バイオリン等の撥弦楽器の弦を弓で撥る場合、弓速が遅い間は、

力を受けたかのような出力を与える。出力側の乗算回路56は、非線形回路55の出力を増大させる役割を果たす。すなわち、第4図(A)の1点鎖線特性63bで示すように、除算回路54と非線形回路55で形成される特性63aを出力側に増大した特性を作る。なお、同一の弓圧信号を受けて、入力を初めに除算し、後で出力を乗算することは、除算回路54で係数C0で除算し、乗算回路56で同一の係数C0を乗算することを表す。この場合は、1点鎖線の総合特性63bは非線形回路55のみの時の特性63の延長線上にあり、それを横軸、縦軸にC0倍した形状を有する。乗算回路の係数を除算回路の係数と異なるように変化させることにより、異なる形状を作るようにさせてもよい。

加算回路44、45は半循環信号路31a、31bの内に設けられている。2つの半循環信号路を合わせた循環信号路31は、撥弦楽器の弦に対応して楽音信号を循環させる閉ループを構成する。すなわち、弦においては振動が両端で反射して往

弦の変位はほぼ弓の変位と同等であり、弦の運動を静摩擦係数によって表わすことができる。これが原点を中心としたほぼ線形の範囲の特性で表わされる。弓の弦に対する相対速度がある値を超えると、弓の速度と弦の変位速度とは同一ではなくなる。すなわち、静摩擦係数に代わって動摩擦係数が運動を支配するようになる。この静摩擦係数から動摩擦係数への切り替えが、段差部分で表わされる。

第3図において、非線形回路55の出力は、乗算回路56を経て2つの加算回路44、45に供給される。

非線形回路55の入力側の除算回路54、出力の乗算回路56は、圧力信号を受けて、非線形回路55の特性を変更させる。圧力信号は撥弦楽器の場合は弓圧、管楽器の場合は息圧に対応する。入力側の除算回路54は、入力信号を除算することによって、小さな値に変更する。すなわち、第4図(A)の破線63aで示すように、除算回路54がある場合、大きな入力を受けても小さな入

復する。また、管楽器においては、共鳴体中を振動が往復する。これを信号が循環する閉ループで近似する。この循環信号路内には、2つの遅延回路32、33、2つのLPF(ローパスフィルタ)34、35、2つの減衰回路38、39、2つの乗算回路42、43を含む。遅延回路22、23は音高を表すピッチ信号と係数 α ないし $(1-\alpha)$ との積を受け、所定の遅延時間を与える。

循環信号路31a、31bを信号が循環し、元の位置に戻るまでの全遅延時間によって、楽音の基本ピッチが定まる。すなわち、主として2つの遅延回路32、33の遅延時間の和、ピッチ $\times [\alpha + (1-\alpha)] = \text{ピッチ}$ 、が基本ピッチを定める。一方の遅延回路は、弓と弦との接触する位置から駒までの距離、他方の遅延回路は弓と弦の接触する位置から押指位置までの距離に対応する。

なお、遅延回路32、33によってピッチがほぼ決定するが、この循環信号路中に含まれる他の要素、たとえばLPF34、35、減衰コントロール38、39等によっても遅延が発生する。駐

密には、発生する楽音のピッチを定めるのはこれらのループ中に含まれる全遅延時間の和である。

LPF 34、35は循環している波形信号の伝達特性を変更することにより、種々の弦の振動特性をシミュレートする。鍵盤上の音色パッドの選択等によって、音色信号を発生させ、LPF 34、35に供給して、その特性を切り替え、所望の擦弦楽器の楽音をシミュレートする。

弦を振動が伝播する際に、振動は次第に減衰する。減衰コントロール38、39はこの弦を伝わる振動が減衰する減衰量をシミュレートするものである。

乗算器42、43は弦固定端での振動の反射に対応して反射係数-1を乗算するものである。すなわち、減衰なしの固定端での反射を想定して弦の振幅を逆位相に変化させる。係数-1がこの逆相反射を示す。反射における振幅の減衰は、減衰コントロール38、39の減衰量に組み込んである。

このようにして、弦に相当する循環信号路31

a、31bの上を振動が循環することによって擦弦楽器の弦の運動をシミュレートする。

また、擦弦楽器の弦の運動はヒステリシス特性を有する。これをシミュレートするため乗算回路56の出力は、LPF 58と、乗算回路59を介して非線形回路55の入力側にフィードバックされている。LPF 58はフィードバックループの発振を防止するためのものである。

今、加算回路52から加算回路53への入力をuとし、フィードバック路から加算回路53への入力をvとし、除算回路54、非線形回路55、乗算回路56を合わせた増幅率をAとすると、乗算回路56の出力wは、 $(u + v)A = w$ で表される。LPF 58と乗算回路59を含む負帰還回路のゲインがB(負の値)であるとする、帰還量vは $v = wB$ で表される。これらの2つの式を整理すると、

$$(u + wB)A = w$$

$$\therefore w = uA / (1 - AB)$$

となる。

フィードバックなし、すなわち、 $B = 0$ の場合は、 $w = uA$ であり、入力uが単に係数A倍されて出力する。ゲインBの負帰還をかけた場合、同じ出力を得るには、 $B = 0$ の場合の $(1 - AB)$ 倍(Bは負)の入力を印加しなければならない。

フィードバックがある場合の入力増大時の特性を、第4図(B)の特性63cで示す。入力がある大きさに達すると静摩擦係数から動摩擦係数への切り替えが起り、出力が段階的に減少する。この入力の閾値をTh1で示す。

一旦入力が閾値Th1を越してから、再び減少する場合には、出力wが小さいので、フィードバックされる量 $v = wB$ も小さい。すなわち、非線形回路55に入力する信号の大きさが同じでも、静摩擦係数領域の場合と比べて、動摩擦係数領域の場合は、負のフィードバック量が小さいので、加算回路52から加算回路53への入力uは小さな値となる。

非線形回路55の入力が、閾値になる時の加算回路52からの入力uの大きさを考えると、入力

増大時には静摩擦係数が支配し、大きい出力に対応して強い負帰還を受けるので、より大きな入力Th1でこの切り替えが起るが、入力減少時には動摩擦係数が支配し、小さな出力に対応して負帰還量が小さいので、Th1では切り替えは起こらずより小さな入力uの値Th2で切り替えが起る。従って、入力uと出力wとの関係を入力が次第に増大するときと次第に減少する時とで求めると、第4図(B)の曲線63cと曲線63dに示すようなヒステリシス特性が得られる。ヒステリシスの大きさは、乗算回路59のゲインによって制御される。

このようにして、第3図に示す楽音信号形成回路によれば、擦弦楽器の弦の運動がシミュレートでき、楽音の基本波形を作ることができる。

第3図に示すように、循環信号路31のいずれかの点から出力を取り出して、擦弦楽器の胴の特性をシミュレートするフォルマントフィルタ61を介して出力信号をサウンドシステムに供給する。フォルマントフィルタ61も音色信号を受けてそ

の特性を変化させるようにすることができる。

第3図に示す楽音信号形成回路においては、楽音発生の起動力となる信号が速度信号によって与えられている。また、非線形回路55の特性を制御する信号として圧力信号が用いられている。これらのパラメータは演奏者の意志ないし演奏操作に基づいて制御できることが好ましい。ピッチを指定するパラメータは、鍵盤9の鍵8を操作することによって得られる。速度情報と圧力情報は、タブレット5の被演奏操作面3でのスティック形演奏操作子1の演奏操作によって得られる。

第1図の構成において、スティック状の演奏操作子1と、タブレット5の被演奏操作面3とは、互いに係合して演奏操作を行なう際に弾性運動をするように構成されている。このため、演奏操作子もしくは被演奏操作面の一方には弾性材料が用いられる。たとえば、スティック1または被演奏操作面3の全体もしくは一部がゴム等の弾性材料で構成される。

このような操作子を手に持って、被演奏操作面

3に落下させると、演奏操作子1または被演奏操作面3の弾性により、演奏操作子1が適当な弾み感を持って跳ね返る。

この弾み情報を演奏操作子1内に取付けた歪ゲージで検出し、物理モデル音源に送ることで人間の感覚に合った操作で弾むような表現の楽音を実現することができる。

このような弾性運動に基づく制御により、楽音の表現力が向上する例として、立上がり鋭く、短い、弾んだような音がある。たとえば擦弦楽器にけるスピカート、スタッカート、管楽器におけるタンギング等が例である。

以下、弾んだような鋭い音を例として、スピカート音の発生を第3図に示す物理モデル音源の擦弦アルゴリズムを使って発生する例を説明する。

スピカート音を発生させるためには、第5図に示すような波形を有する速度情報および圧力情報を第3図の物理モデル音源擦弦アルゴリズムに送ればよいことがすでにわかっている。すなわち、速度がほぼ一定で圧力が短く鋭いパルス状に変化

する場合、弓で弦を弾くスピカート演奏によって発生する楽音と同様の楽音が発生する。

第1図および第2図に示したような弾性を有する演奏操作子を用いた場合、スティックを弾ませると、たとえば第6図に示すような信号波形が歪ゲージ回路の出力として得られる。すなわち、時間Tの進行と共に、出力信号が始め大きく振動し、急速に減衰する振動波形が得られる。

第5図に示す圧力の波形と、第6図に示す歪ゲージ回路出力の波形は、図から明らかなように等しくない。しかし、第6図に示す歪ゲージ回路出力を、たとえば絶対値処理や平滑化、テーブル処理等を行なうことにより、弓圧情報として第5図の圧力波形と同様な波形に変換することができる。被演奏操作面3から、一定速度の速度情報を得れば、これらの圧力情報および速度情報から通常スピカート音といわれている楽音を発生することができる。

第7図は、第1図、第2図に示したようなスティックを2次元平面に叩き付け、そのまま押えた

時の歪ゲージ回路出力を示す。

図に示すように、弓圧信号は急激に立上がり、一旦立下がってその後徐々に増加し、ほぼ一定値を保つようになる。スティック1をほぼ一定速度で移動させれば、弓速信号としては第7図上段に示すようなほぼ一定値の弓速情報が得られる。これらの速度情報、圧力情報とサックスアルゴリズムを使用し、速度情報をアンブシュア、圧力情報を息圧として物理モデル音源に送ると、タンギングといわれる鋭い立上がりの音を発生することができる。

以上のように、弾性を有する演奏操作子と被演奏操作手段とを組合せ、両者の係合から得られる情報を平滑化、テーブル処理等を行うことにより、所望の速度情報、圧力情報を得ることができる。これらの情報により、擦弦楽器や管楽器の演奏を音楽性豊かに変化させることが可能となる。

なお、操作子と被演奏操作手段の組合せは、そのいずれかから速度情報および圧力情報を得るものであるが、速度情報を検出するセンサとしては、

超音波センサ、バーコードリーダ、ロータリーエンコーダ、ポルタメントバー、加速度センサ、光センサ、赤外線センサ、タブレット等を用いることができる。ここで、ロータリーエンコーダ、ポルタメントバー、タブレット等は、主に操作子を接触させることによって、その情報を得るものであるが、超音波センサ、光センサ、赤外線センサ等は、非接触でも速度情報を得るのに適したセンサであり、特にスティックを弾ませながら速度情報を得るような場合にも適している。

また、圧力情報を得るセンサとしては、上述の歪ゲージの他、ロードセルや変位センサとバネの組合せ、感圧ゴムシート等を用いることができる。これらの速度センサ、圧力センサは、構造的に可能である限り、操作子側に設けても被操作面側に設けてもよい。たとえば、接触位置を検出することのできるタブレットと、歪ゲージを備えたスティックによって位置情報と圧力情報を得て、位置情報の微分情報によって速度情報を検出する、位置情報を検出することのできるタブレットの代わ

りに、超音波センサを用いれば、演奏操作子が被演奏操作面に接触していなくてもある高さに到達すればその位置を検出することができる。また、バーコードリーダを用いる場合は、やはり、厳密な接触は必要でなくなる。

演奏操作はスティック状の演奏操作子を被演奏操作面に弾ませたり、叩き付けたりして演奏させる。このため、両者の適合性を考慮することが好ましい。たとえば、演奏操作子を被演奏操作面上でこすったり、滑らせたりするのは、適当な摩擦感を有することが好ましい。

第8図に、第1図に示す電子楽器の楽音発生処理のメインルーチンを示す。

第8図のフローチャートにおいて、処理がスタートするとまず、ステップS1において各レジスタの初期化が行なわれる。次に鍵盤9においてキーオンイベントがあったか否かが検出される(ステップS2)。キーオンイベントがあった場合は、YESの矢印にしたがってステップS3に移動し、キーオンイベントルーチンが行なわれる。その後

ステップS4において、キーオフイベントがあったか否かが検出され、キーオフイベントがあった場合は、YESの矢印にしたがい、ステップS5に移動し、キーオフイベントルーチンが実行される。その後、その他の処理ルーチンを実行し(ステップS6)、キーオンイベント検出(ステップS2)にリターンする。なお、キーオンイベントがなかった時は、ステップS2からステップS4にジャンプする。また、キーオフイベントがなかった時は、ステップS4からステップS6にジャンプする。

第9図は、キーオンイベントのフローチャートを示す。まず、ステップS11において、キーオンイベントのあった鍵に対応したキーコードがレジスタKCDに書き込まれる。次にステップS12において、レジスタKCDに書き込まれたキーコードの音をVOP音源のいずれかの発音チャンネルに割当てする。次にステップS13において、VOP音源の割当てられたチャンネルに、レジスタKCDのキーコードとキーオン信号を転送する。

弓連信号が発生すれば楽音信号が発生する。その後リターンする。

第10図はキーオフイベントのフローチャートを示す。

キーオフイベントがあると、ステップS21においてキーオフイベントのあった鍵のキーコードをレジスタKCDに収納する。次にステップS22において、VOP音源の発音チャンネルからレジスタKCDのキーコードと同じキーコードの音を発音しているチャンネルを検出する。次のステップS23において、対応するチャンネルがあったか否かを判定する。対応するチャンネルがあった場合は、YESの矢印にしたがってステップS24でVOP音源の該当チャンネルにキーオフ信号を転送する。また、フラグOLDに0をたてる。ステップS23において、該当チャンネルがなかった場合は、ステップS23から直接リターンする。

第11図は、タイマインタラプトのフローチャートを示す。タイマインタラプトがあると、ステ

ップS31において、検出した圧力をレジスタPRSに収納し、検出した位置をレジスタPOSに収納する。次のステップS32において、キーオン信号があるか否かを判定する。キーオン信号がある場合は、次のステップS33において、圧力を収納するレジスタPRSの内容がノンゼロであるか否かを判定する。圧力がノンゼロであれば、YESの矢印にしたがい、次のステップS34でフラグOLDが1か否かを判定する。フラグOLDが1であれば、この演奏操作はすでに検出されているものであり、レジスタPOSの値と、前の検出位置を収納するレジスタXの値の差をとり、レジスタDIFに収納する(ステップS35)。タイマインタラプトは一定時間間隔で生じているので、引続くタイマインタラプトにおける検出位置の差を求めると、速度に対応する量となる。したがって、レジスタDIFの内容を速度に変換する(ステップS36)。その後次の検出に備え、検出位置を収納するレジスタPOSの内容を、前回位置レジスタXに収納して情報を更新する。ま

た、検出した速度をレジスタVELに収納する(ステップS38)。次に、レジスタPRSの圧力情報と、レジスタVELの速度情報を音源に転送する(ステップS39)。なお、ステップS32ないしはステップS33において、判定結果がNOである場合は、これらのステップから直接リターンする。また、ステップS34において判定結果がNOである場合は、新たな演奏操作の検出であるため、まずフラグOLDに1をたてる(ステップS40)。初回の位置検出においては、速度を定義することはできないので、次にステップS37に移る。次のタイマインタラプトにおいては、フラグOLDに1がたっているため、ステップS34からステップS35に進むことになる。

以下、弾性を有する演奏操作子と被演奏操作主多段との組合せについてより詳細に説明する。

上述の実施例においては、歪ゲージを有するスティックと、スティックと組合せて用いる平面上の被演奏操作手段を用いた。スティックと2次元平面を有する被演奏操作手段との間に働く力を歪

ゲージのみで検出し、圧力情報として使用する場合、その応答の周波数特性が不十分な場合がある。鋭い立上がり音が望ましい場合、このシステムを改善することが望まれる。

第12図(A)の構成においては、立上がり特性を補うために、被演奏操作面3の下面に衝撃センサ73が設けられている。演奏操作子1には、歪ゲージ25が取付けられており、演奏操作子1の弾性変形を検出する。また、被演奏操作面3には超音波発信・受信装置71が組合せられており、超音波77が超音波発信・受信手段71から発信され、受信される。この超音波77が被演奏操作面3の面上所定距離を伝搬する時は、演奏操作子1が必ずしも被演奏操作面3に接触していなくてもその位置が検出される。なお、被演奏操作面3の弾性を増強するため、バネ部材75が被演奏面3の下に設けられている。

第12図(B)は衝撃センサ73から発生する出力を取出すための衝撃センサ回路を示す。

衝撃センサ73は、抵抗R6と並列に接続され、

オペアンプOP1のプラス端子に接続される。オペアンプOP1のマイナス端子は、抵抗R5を介して接地されている。このオペアンプOP1の出力はキャパシタC1と抵抗R4との並列接続を介してマイナス端子に帰還されている。このような回路によって、衝撃センサ73の発生する信号は、出力端子間に形成される。

第12図(C)は、第12図(A)に示す構成が出力するモニタ信号を処理するフローチャートを示す。タイマインタラプトが生じると、衝撃センサ73の発生する出力信号がデータとして取込まれる(ステップS41)。次にステップS42において、衝撃センサ73からのデータを変換し、歪ゲージ25の出力との統合を図る。ステップS43においては、歪ゲージ25の出力するデータと、衝撃センサ73の出力を変換した信号とが加算され、合成出力を形成する。この合成出力は次のステップS44において、上限および下限を設定される等の処理を受け、補正される。このように補正された圧力信号が、次のステップS45に

において圧力データとして出力される。この圧力データが第1図に示したような物理音源14に入力され、楽音信号が発生する。

第12図の構成においては、超音波によって演奏操作子の位置を測定した。

第13図はロータリーエンコーダを用いて、演奏操作子の位置を測定する実施例を示す。第13図(A)、(B)、(C)、(D)は、それぞれロータリーエンコーダを用いた構成を示す。

第13図(A)においては、演奏操作子1の先端に、矢印方向に回転するロータ81が設けられ、ロータ81の回転はベルトを介してロータリーエンコーダ82に伝えられている。なお、演奏操作子1の中央部分には歪ゲージ25が接着されている。演奏操作子1を被演奏操作面3と係合させることにより、ロータ81が回転し、これに伴いロータリーエンコーダ82が回転する。このようにして、ロータリーエンコーダ82から演奏操作子1の変位が検出され、歪ゲージ25から演奏操作子1の変形が検出される。

タすることができる。

第13図(D)の構成は、直接2つのロータによって運動をモニタする代りに、まず2次元方向に回転可能な球状ロータ86によって、演奏操作子1の変位をモニタし、この球状ロータ86のX方向回転およびY方向回転をそれぞれ検出するために2つの検出用ロータ87、88が球状ロータ86に接して設けられている。

このようなロータリーエンコーダを用いた演奏操作子の変位検出回路の例を第13図(E)に示す。

ロータリーエンコーダから正方向および負方向の2つの回転変位を表わす信号がA相信号、B相信号として供給される。これらの2つの信号は、符号弁別回路89およびカウンタ90にそれぞれ入力される。符号弁別回路89においては、2入力からその回転方向を判別し、アップ/ダウン信号を発生し、カウンタ回路90に供給する。カウンタ回路90はアップ/ダウン信号とA相信号、B相信号を入力し、アップ/ダウン信号に基づい

第13図(B)は、ロータリーエンコーダを備えた構成の別の例を示す。

第13図(B)の成においては、第13図(A)の構成のロータ81と直交する方向に回転するロータ83が演奏操作子1の先端部に設けられ、その回転はロータリーエンコーダ82に伝達されている。また、演奏操作子1の中間部分に至る歪ゲージ25が設けられている。このようにしてロータリーエンコーダ82から演奏操作子1の変位信号が出力され、歪ゲージ25から演奏操作子1の変形に応じた圧力信号が出力される。

第13図(A)、(B)においては、演奏操作子1の先端にそれぞれ一方に回転するロータが設けられていた。これらの構成に対し、いわゆるマウス構造を用いることにより、一度に2以上の方向の変位量を測定することもできる。

第13図(C)は、マウスの位置構成例を示す。

ロータ84と85とは、それぞれ直交する方向に回転をする。2つのロータ84、85の回転を合成することにより、演奏操作子1の動作をモニ

タその出力を増加/減少させる。

このようにして、演奏操作子の変位が検出され、変位の時間微分値から速度信号が形成される。

第14図(A)、(B)は、バーコードリーダを備えた実施例を示す。

第14図(A)は、本実施例の構成を示す。

バーコードを備えた被演奏操作手段93と、上述の実施例で用いたものと同様の演奏操作子1および、バーコード読み出し機能を備えた演奏操作子91とが組合されて用いられる。演奏操作子1と91は、その一方のみを用いてもよい。

第14図(B)は、バーコードリーダを用いて演奏操作を行なう場合の回路図を示す。

演奏操作子91はバーコードを備えた被演奏手段93と組合されて操作される。演奏操作子91は、被演奏操作手段93のバーコードを読み出し、それに対応したパルス信号を発生する。カウンタ回路95で読み出されたカウンタ数は、ラッチ回路96でラッチされタイマー97で制御されて、出力信号を形成する。このパルス信号の読み出し

回路は、ロータリーエンコーダの読み出し回路とほぼ同様であるが、センサ自身には符号判別機能を持たないため、定期的にカウンタ数を計算して相対速度を計算し、速度データが0になったら符号を反転するようにソフトウェアで処理するのが好ましい。

第15図(A)～(D)は、加速度センサを用いた実施例を示す。

第15図(A)において、スティック1は3次元の加速度を測定する加速度センサ99と、ロードセル98とを有する。なお、ロードセルの代わりに、歪ゲージを用いてもよい。歪ゲージもしくはロードセル98によって圧力ないしは応力を測定し、加速度センサ99の測定値を用いて速度を検出する。

第15図(B)は、加速度センサを用いた場合の回路形式を示す。加速度センサとしては、圧電型加速度センサを用いる場合を示す。加速度センサ99の出力は、一旦保護回路101に供給され、そのままチャージアンプ103に供給されて増幅

される。チャージアンプの出力のうち、ノイズを除去するためにハイパスフィルタ105を介して出力信号は非反転増幅器107に供給される。非反転増幅器107で増幅された信号は、必要に応じてアナログ/デジタル変換回路に供給され、デジタル信号となって処理される。

第15図(C)は、加速度センサを用いた場合の処理のフローチャートを示す。処理がスタートすると、加速度センサからの測定値を取込み、レジスタACCXに取入れる(ステップS51)。次にそれまでの加速度を積分した値を蓄積するレジスタACCVXに新たに測定した加速度ACCXの値を加算し、積分値を蓄積するレジスタACCVXに収容する(ステップS52)。加速度を積分することによって速度情報が得られる。その後、積分値を蓄積するレジスタACCVXの値を必要に応じて正規化、テーブル処理を行ない(ステップS53)、速度信号として音源に転送する(ステップS54)。このようにして加速度を検出することにより、速度データを得ることができ

る。

第15図(D)は加速度を検出することによって演算より算出した速度の例を示す波形である。

第16図(A)～(C)は、圧力の検出が適性に行なえるように、ロードセルの構成を改良する例を示す。

第16図(A)は、圧力伝達機構としてボールを用いる構成を示す。ペン型の演奏操作子1の先端に、ボールペンのボールのような球109が設けられる。この球にロードセル98が接して力を受ける。被演奏操作面3に演奏操作子1に係合させると、その角度によらず、ボール109は力等を受けロードセル98に力を伝達する。このようにして、広い方向範囲の力を効率よく検出するロードセルが得られる。

第16図(B)は、ロードセル98をスティック1の先端横方向に設け、その周囲をスポンジ111でくるんだ構成を示す。ロードセル98を演奏操作子1の側面に配置したことにより、演奏操作子を倒して演奏する際の横方向の力を検出しや

すくしてある。この場合、演奏操作子1の軸方向の圧力検出が難しくなるが、先端をスポンジ等の軟らかいものでくるむことによって、ロードセル98の保護と感度調整を行なうことが可能となる。たとえば、大太鼓のスティックのようにして演奏操作を行なうことができる。

第16図(C)は、第16図(B)の構成に加え、引金を設けた構成を示す。引金部分にも他のロードセル98bが設けられている。演奏操作子1を空中で操作するような場合でも、指でロードセル98bを押圧することにより、圧力を出力することができる。第16図(B)の演奏操作子と第16図(C)の演奏操作子を組合せて用いてもよい。

第17図(A)、(B)は、圧力センサとしてバネと変位センサを用いる実施例を示す。

第17図(A)において、演奏操作子1の中央部分には、図中右側に拡大して示すような構成が設けられている。すなわち、演奏操作子1の上側と下側はバネ113によって結合されており、下

側の部分から延びる連結用の棒115が屈動子117を介して直線状のボリューム119と結合している。演奏操作子1をたとえば下方に叩き付けることによりバネ113が縮み、その変位は屈動子117の運動となってボリューム119の出力を変化させる。

第17図(B)は、ボリュームとして直線状ボリュームでなく回転ボリュームを用いる構成を示す。バネ113が演奏操作子1の上側と下側とを弾性的に結合し、連結用の棒115が下側部分から延びていることは第17図(A)と同様である。本構造の場合、連結用の棒115がローラ121と係合し、演奏操作子1に力が働くと、ローラ121が回転をする。この回転が回転型ボリューム123を回転させ、その出力を変化させる。

このようにしてバネと変位センサを用いることにより、圧力を検出することができる。

第18図は光センサを用いた実施例を示す。歪ゲージを備えた演奏操作子1と組合せて用いる被演奏操作手段5として、ホトカブラ的な光センサ

ら速度情報を検出する。なお、演奏操作子1内にも歪ゲージ等の圧力検出手段を設け、働く圧力を検出してもよい。

第20図は歯車と反射光を利用した構成を示す。演奏操作子1の先端に歯車135が設けられており、この歯車に光を投射し、反射光を受光するように光学系137が設けられている。演奏操作子1を被演奏操作手段に接触させると、その力に応じて歯車135が変位し、移動に応じて歯車135が回転する。歯車135の変位、回転は、反射光の変化となって検出される。

第21図はコマ形の演奏操作手段を示す。演奏者が手に持ちやすいような形状のコマ形に整形された演奏操作子1は、その上部にスイッチ141を備え、中央部にはクッション143と圧力センサ145を有し、その先端部にパターン認識センサおよびロータリーエンコーダを有するセンサ部147を有する。このような構成とすることにより、先端のセンサ部147で速度情報を検出し、圧力センサ145で圧力を検出する。これらの情

を用いた構成を示す。被演奏操作手段5の上面には溝125が設けられており、演奏操作子1の先端部をこの溝内に係合させて演奏操作を行なう。溝125は演奏操作子1のガイドの役を果たす。この溝の一面127には、多数の発光体が設けられており、対向する他面129にはこれと対応した多数の受光体が設けられている。発光体から受光体に図中矢印で示すように、光の授受が行なわれる。演奏操作子1をこの溝内に移動させることにより、矢印で示すような光を局所的に遮る。この光が遮られた位置を検出することにより、演奏操作子1の位置を検出し、速度を検出する。

第19図はロータリーエンコーダを利用し、弦楽器の演奏と類似の演奏を可能とする構成を示す。被演奏操作手段5は、円筒型のローラー131を有し、演奏操作子1をこのローラー131に係合させ、ローラー131を回転させて演奏を行なう。円筒型ローラー131には、ロードセルとロータリーエンコーダが設けられており、演奏操作子1が与える力を検出すると共に、ローラーの回転か

報は出力コード149で外部に導出される。

第22図はボルタメントバーを利用して速度情報を得る構成を示す。ボルタメントバー151は、押圧された位置に応じた出力電圧を生じる。演奏操作子1は、その内部に歪ゲージを有し、ボルタメントバー151と係合させて演奏操作を行なう。たとえば、演奏操作子1をボルタメントバー151に接触させ、その接触位置を変化させると、ボルタメントバー151から接触位置の変化に応じた位置信号が出力される。また、演奏操作子1からは圧力信号が出力される。位置信号は、微分することにより速度信号を形成する。

第23図(A)～(C)は、超音波を利用した構成を示す。

第23図(A)においては、弦155が張られ、その弦155と演奏操作子1に係合させ、演奏操作を行なう。弦155の一端には、超音波発信/受信装置153が接続されており、超音波発信/受信装置153から発信された超音波は、弦155を伝達され、演奏操作子1が接触している部分

で反射され、反射波が測定される。このようにして演奏操作子 1 の位置が検出される。また、演奏操作子 1 内には歪ゲージが設けられ、圧力情報が検出される。弦 155 を金属等で形成すると、音速が空気中より格段に速くなり、高速の検出動作ができる。

第 23 図 (B) は、超音波を利用した他の構成例を示す。本構成においては、超音波発信／受信装置 153 に支持用の棒 159 が固定され、この棒 159 に弦 155 が張られている。超音波発信／受信装置 153 からは、弦 155 に超音波が発信され、反射波が測定される。演奏操作子 1 は弦 155 と係合させる。ただしこの場合、演奏操作子 1 を比較的定位置に固定し、弦 155 を張った棒 159 を弦楽器の弓のように操作し、演奏操作を行なう。このような構成とすると、弦楽器における演奏と同様な演奏操作が可能となり、弓を弾ませる動作や動かし方等、本物に近い演奏操作により楽音を発生させることができる。

なお、第 23 図 (A)、(B) のような超音波

を利用した構成においては、第 23 図 (C) に示すように、弦 155 を金属板 163 に固定し、この金属板に歪ゲージ 161 を張り付けて反射波を測定するようにするとよい。

なお、演奏操作子として主にスティック状のものを示したが換う構造のものであればどのような形状でもよい。圧力（応力）の検出は複数個所で行なわれてもよい。速度、圧力とも複数種類のセンサを用い、任意に選択、組合せて用いてもよい。

以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。たとえば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

[発明の効果]

以上説明したように、本発明によれば、外力が働くことによって弾性変形する演奏操作子とこの演奏操作子と組合せ、断続的に係合させて演奏操作を行なうことのできる被演奏操作手段とを用いることにより、弾んだような楽音を発生させるこ

とが容易となる。

4. 図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明の実施例による電子楽器のハードウェアシステムを示すブロック図、

第 2 図 (A)、(B)、(C) は、弾性を持つスティックを説明するための図であり、第 2 図 (A) は構成の概略を示す断面図、第 2 図 (B) は歪ゲージの回路を示す回路図、第 2 図 (C) はスティックの演奏操作を概略的に示す概念図、

第 3 図は、第 1 図の構成における音源回路の要部を拡大して示す回路図、

第 4 図 (A)、(B) は、第 3 図の非線形特性とヒステリシス特性を説明するための特性図、

第 5 図は、スピーカート音を発生させるために必要な速度情報と圧力情報の例を示す波形図、

第 6 図は、第 1 図に示す実施例により得られる信号波形、

第 7 図は、立上りの鋭い音を発生させるのに望ましい速度および圧力の情報を示す波形図、

第 8 図は、メインルーチンを示すフローチャート、

第 9 図は、キーオンイベントの処理を示すフローチャート、

第 10 図は、キーオフイベントの処理を示すフローチャート、

第 11 図は、タイマインタラプトの処理を示すフローチャート、

第 12 図 (A)、(B)、(C) は、衝撃センサを備えた実施例を説明する図であり、第 12 図 (A) は構成を示す斜視図、第 12 図 (B) は衝撃センサ回路を示す回路図、第 12 図 (C) は処理を示すフローチャート、

第 13 図 (A) ～ (E) は、ロータリーエンコーダを備えた実施例を説明する図であり、第 13 図 (A) ～ (D) は 4 つの構成例を示す概略図、第 13 図 (E) は回路図、

第 14 図 (A)、(B) は、バーコードリーダーを備えた実施例を説明する図であり、第 14 図 (A) は構成を示す斜視図、第 14 図 (B) は回

略図、

第15図(A)～(D)は、加速度センサを備えた実施例を説明するための図であり、第15図(A)は構成を示す概略図、第15図(B)は回路構成を示すブロック図、第15図(C)は処理を示すフローチャート、第15図(D)は加速度から演算処理して求めた速度の波形例を示すグラフ、

第16図(A)、(B)、(C)は、ロードセルの構成改良の例を示す概略図、

第17図(A)、(B)は、バネと変位センサを用いて圧力を検出する実施例を示す概略構成図、

第18図は、光センサを用いた実施例を示す斜視図、

第19図は、円筒型ローラとロータリーエンコーダを利用した実施例を示す側面図、

第20図は、歯車と反射光を利用する構成を示す概念図、

第21図は、コマ形状の演奏操作子を示す側面図、

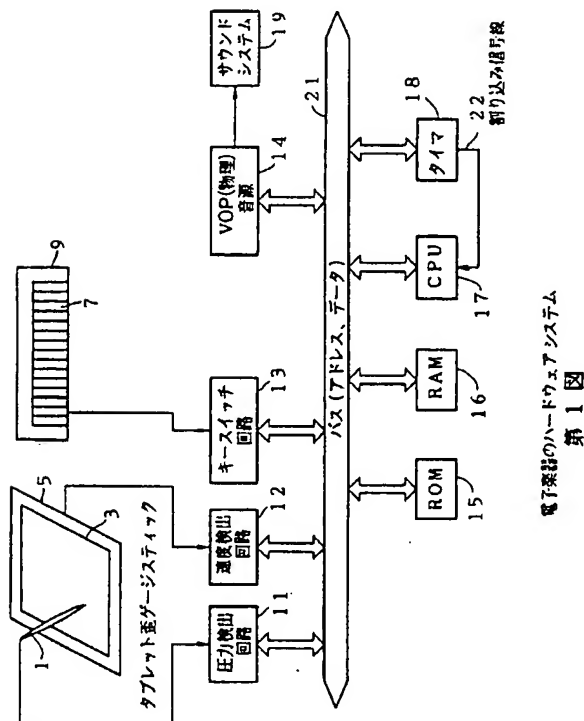
第22図は、ボルタメントバーを利用する構成を示す斜視図、

第23図(A)、(B)、(C)は、超音波を利用する構成例を示す斜視図である、

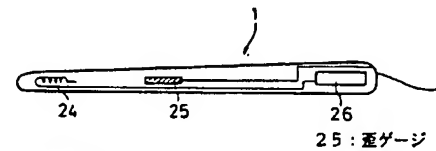
図において、

- 1 演奏操作子(スティック)
- 3 被演奏操作面
- 5 被演奏操作手段(タブレット)
- 24 コイル
- 25 歪ゲージ
- 26 電流源
- 71 超音波発信/受信装置
- 73 衝撃センサ
- 82 ロータリーエンコーダ
- 91 バーコードリーダ
- 98 ロードセル
- 99 加速度センサ
- 113 バネ
- 119、123 変位検出手段

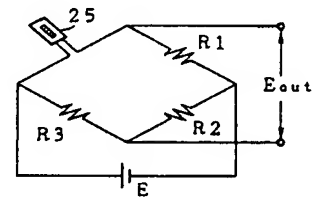
特許出願人 ヤマハ株式会社
代理人 井理士 高橋 敬四郎



電子楽器のハードウェアシステム
第1図



(A) 構成の概略

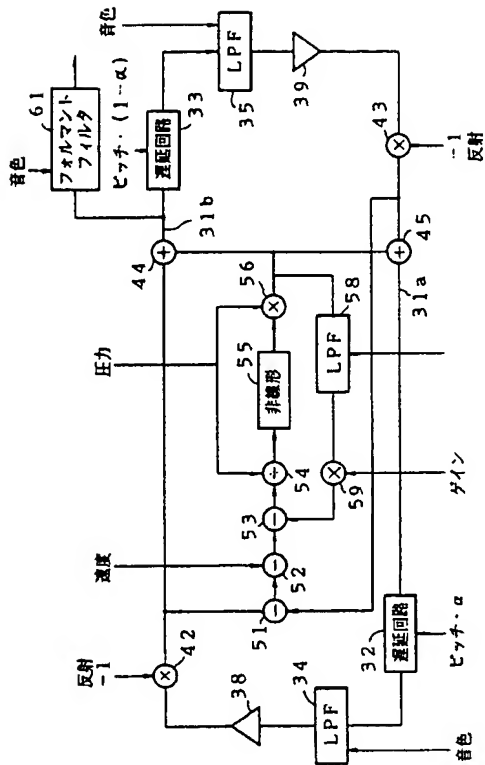


(B) 回路

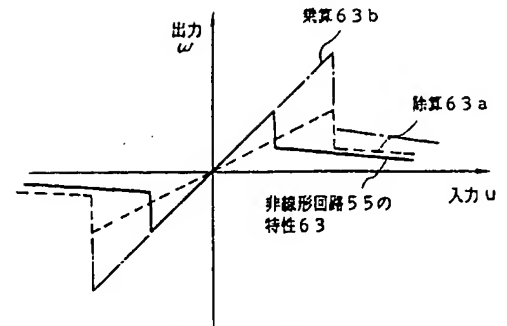


(C) 操作モード

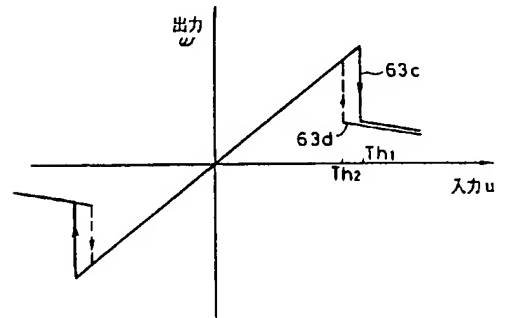
弾性を持つスティック
第2図



乗算回路形成回路要部
第 3 図

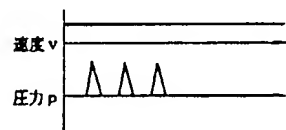


(A) 除算回路 54、乗算回路 56 の機能
(非線形回路 55 の特性変更)



(B) ヒステリシス特性

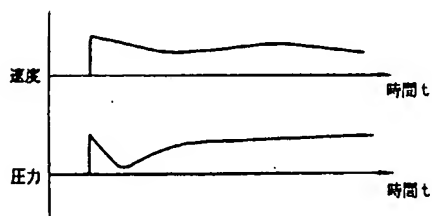
非線形回路の特性
第 4 図



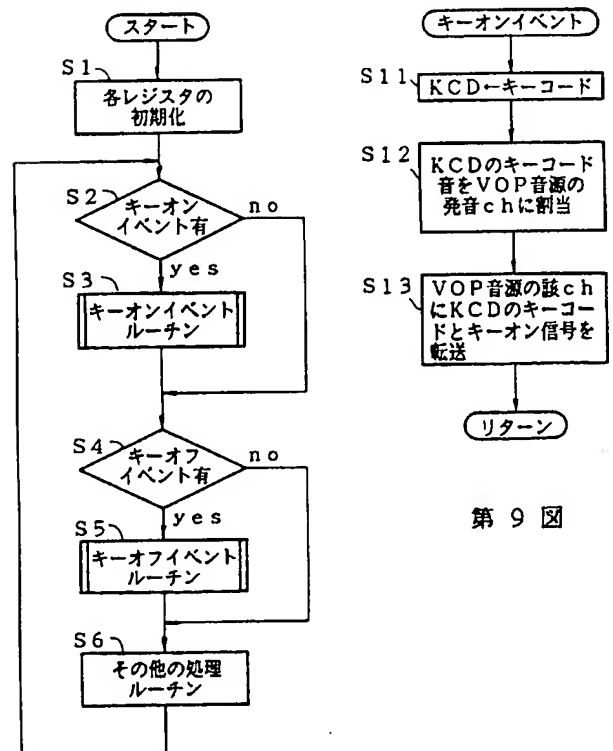
第 5 図



第 6 図

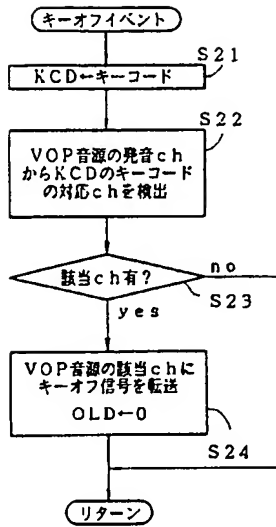


第 7 図

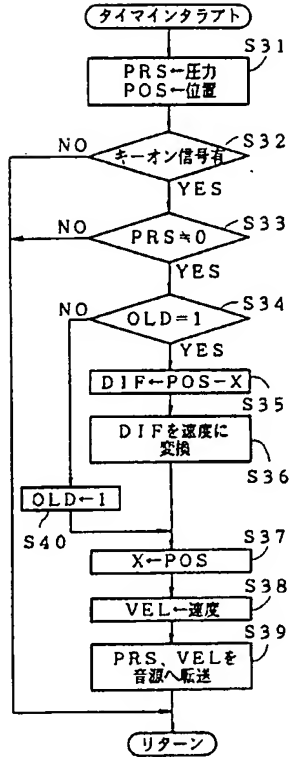


第 9 図

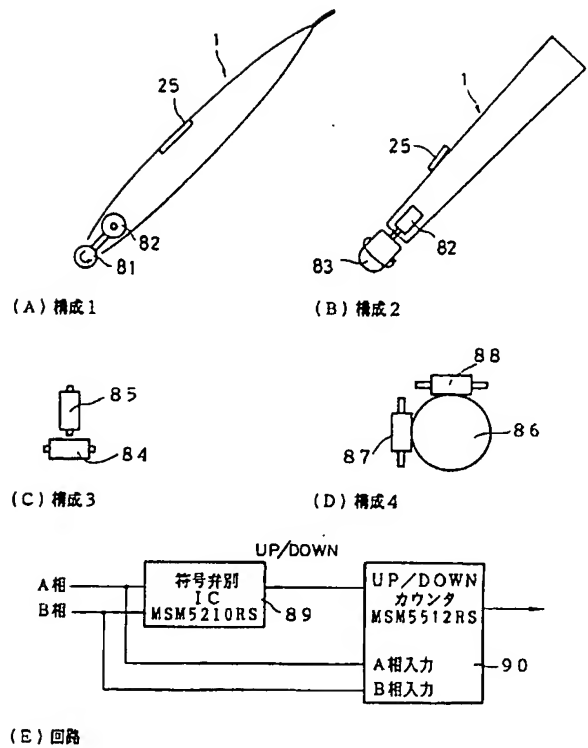
メインルーチン
第 8 図



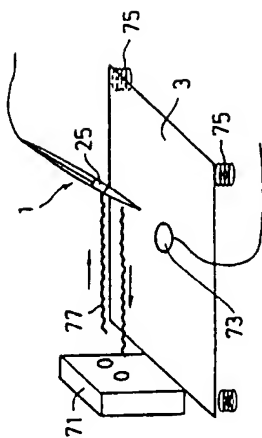
第10図



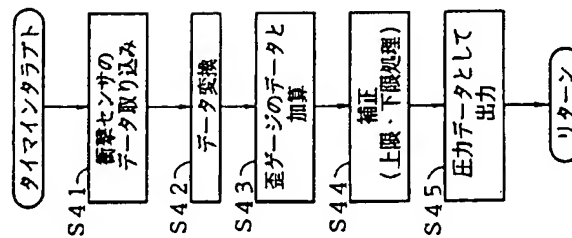
第11図



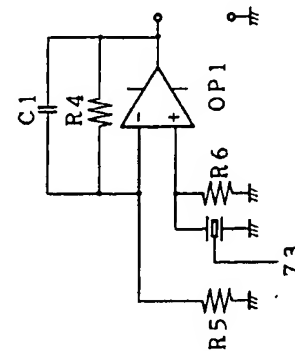
ロータリーエンコーダを備えた実施例
第13図



(A) 構成

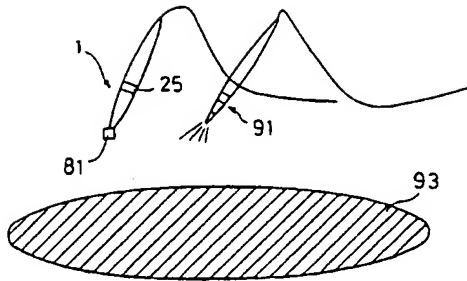


(C) フローチャート

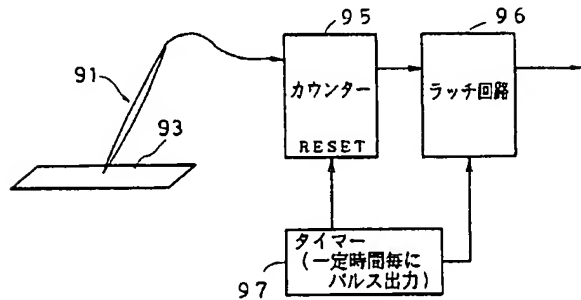


(B) 衝撃センサ回路

衝撃センサを備えた実施例
第12図

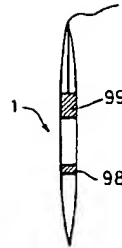


(A) 構成

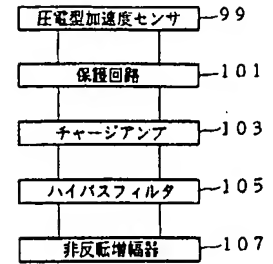


(B) 回路

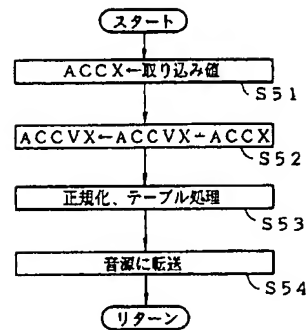
バーコードリーダを備えた実施例
第 14 図



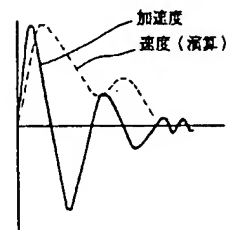
(A) 構成



(B) 回路

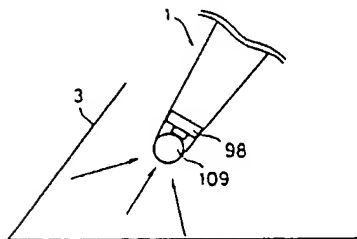


(C) 処理のフローチャート

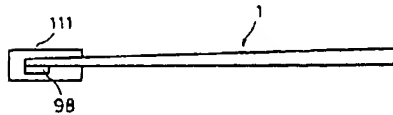


(D) 結果の例

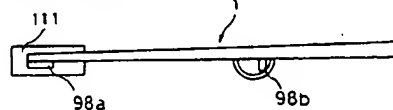
加速度センサを備えた実施例
第 15 図



(A) ボール利用

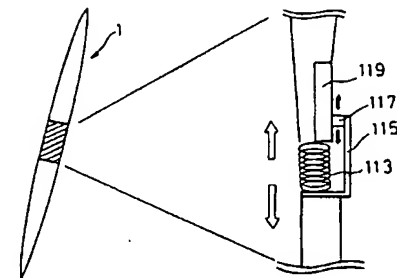


(B) スポンジ利用

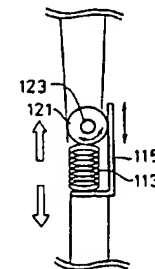


(C) トリガ形

ロードセルの構成改良
第 16 図

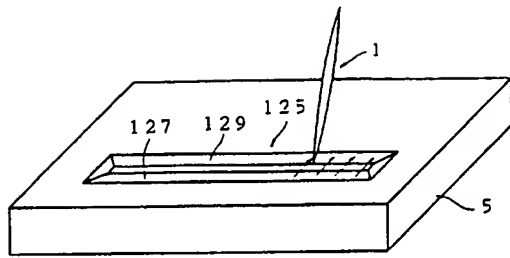


(A) その 1

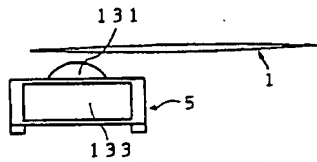


(B) その 2

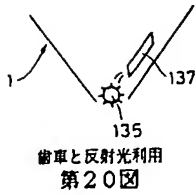
バネと変位センサを備えた実施例
第 17 図



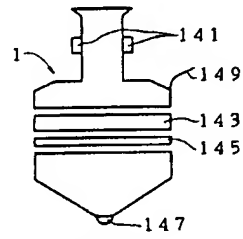
光センサを用いた実施例
第18図



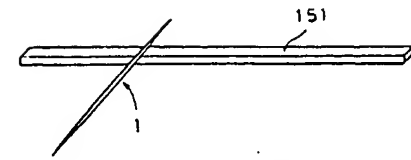
ローラーとロータリーエンコーダ利用
第19図



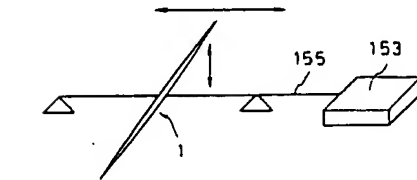
歯車と反射光利用
第20図



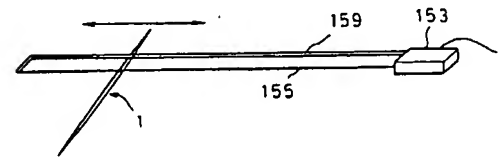
コマ形
第21図



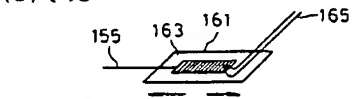
ポルタメントバー利用
第22図



(A) その1



(B) その2



(C) 弦検出部

超音波利用
第23図